

DERWENT-ACC-NO: 2001-635370

DERWENT-WEEK: 200173

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Machine element e.g. ball screw, linear guide,
for linear transduction mechanism, has each rolling
element e.g. ball, coated with ceramic or rigid carbon
film that forms solid lubricant film

PATENT-ASSIGNEE: MITSUBISHI JUKOGYO KK[MITO]

PRIORITY-DATA: 2000JP-0064146 (March 8, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 2001254801 A	September 21, 2001	N/A
010 F16H 025/22		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP2001254801A	N/A	2000JP-0064146
March 8, 2000		

INT-CL (IPC): F16C029/04, F16C033/32 , F16C033/34 , F16C033/66 ,
F16H025/22 , F16H025/24 , F16H057/04

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2001254801A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - Each rolling element e.g. a ball (4), is engaged between
raceway surfaces (1a,1b) of a screw shaft (2) and a screw groove in a ball
screw (100).

The surface of the rolling element, or each raceway surface, is
coated with ceramic or rigid carbon film. The ceramic or rigid carbon film forms
a solid lubricant film.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are included for the

following:

- (a) a rolling element;
- (b) and a linear transduction mechanism for vacuum condition.

USE - Used as e.g. ball screw, linear guide, bearing, for linear transduction mechanism used in vacuum condition.

ADVANTAGE - Prolongs durability of machine element e.g. ball screw.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the cross sectional view of a ball screw as one example of a machine element.

Raceway surfaces 1a,1b

Screw shaft 2

Ball 4

Ball screw 100

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/12

TITLE-TERMS: MACHINE ELEMENT BALL SCREW LINEAR GUIDE LINEAR TRANSDUCTOR

MECHANISM ROLL ELEMENT BALL COATING CERAMIC RIGID CARBON FILM FORM

SOLID LUBRICATE FILM

DERWENT-CLASS: Q62 Q64

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-475197

PAT-NO: JP02001254801A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001254801 A

TITLE: MACHINE ELEMENT UTILIZING ROLLING FRICTION,
ITS ROLLING
BODY AND LINEAR INTRODUCTION MECHANISM FOR
VACUUM

PUBN-DATE: September 21, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MATSUI, AKIHIKO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MITSUBISHI HEAVY IND LTD	N/A

APPL-NO: JP2000064146

APPL-DATE: March 8, 2000

INT-CL (IPC): F16H025/22, F16C029/04 , F16C033/32 , F16C033/34 ,
F16C033/66
 , F16H025/24 , F16H057/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To lengthen the life of a ball screw.

SOLUTION: A ceramic film is coated on the surface of a ball 4
constituting a
ball screw 100 and a solid lubricating film is formed on the ceramic
film.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-254801

(P2001-254801A)

(43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
F 1 6 H 25/22		F 1 6 H 25/22	L 3 J 0 6 3
F 1 6 C 29/04		F 1 6 C 29/04	3 J 1 0 1
33/32		33/32	3 J 1 0 4
33/34		33/34	
33/66		33/66	A
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 10 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-64146 (P2000-64146)

(22) 出願日 平成12年3月8日 (2000.3.8)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 松井 昭彦

長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明 (外1名)

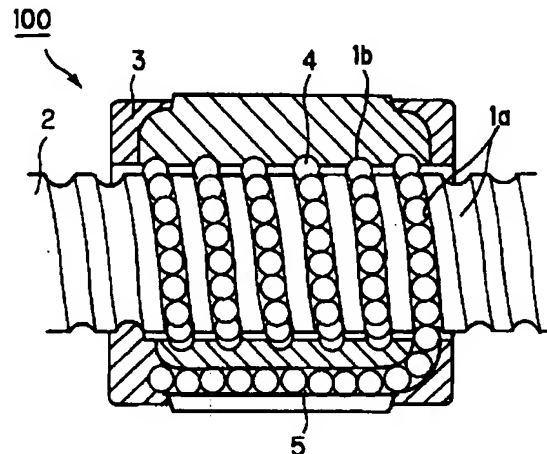
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり摩擦を利用した機械要素およびこの転動体、並びに真空用直進導入機構

(57) 【要約】

【課題】 ボールネジなどの寿命を延ばすこと。

【解決手段】 ボールネジ100を構成するボール4の表面にセラミックス膜をコーティングし、このセラミックス膜の上に固体潤滑膜を成膜するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属製の転動体を対向する軌道面の間に配置すると共に当該転動体と軌道面の間に固体潤滑剤を介させ、前記転動体が転動することで軌道面が相対運動しうるボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素において、前記転動体または軌道面の表面に、固体潤滑剤の下地としてセラミックス膜または硬質カーボン膜を設けたことを特徴とする転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項2】 さらに、前記セラミックスは、TiNまたはCrNであることを特徴とする請求項1に記載の転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項3】 さらに、対向する軌道面の間に形成される空間であって軌道面と転動体が接触する部分以外に固体潤滑剤を配置し、この固体潤滑剤を転動体に押し付けることで当該転動体の表面に固体潤滑剤の転移膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項1または2に記載の転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項4】 さらに、前記固体潤滑剤を転動体に対して押し付ける固体潤滑剤押付手段を設けたことを特徴とする請求項3に記載の転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項5】 さらに、前記セラミックスは、TiNまたはCrNであることを特徴とする請求項1、3または4に記載の転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項6】 ボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素を構成すると共に、表面に固体潤滑剤をコーティングした転動体において、この転動体の表面に、固体潤滑剤の下地としてセラミックス膜または硬質カーボン膜を設けたことを特徴とする転がり摩擦を利用した機械要素の転動体。

【請求項7】 ボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素を構成すると共に、表面に固体潤滑膜を付着し得る多孔質セラミックスの球またはころによって構成したことを特徴とする転がり摩擦を利用した機械要素の転動体。

【請求項8】 ボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素を構成すると共に、表面に固体潤滑膜を付着し得るディンプル形状を有する球またはころによって構成したことを特徴とする転がり摩擦を利用した機械要素の転動体。

【請求項9】 前記請求項7または8の転動体を用いたことを特徴とするボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項10】 前記軌道面に設けるセラミックス膜を多孔質にしたことを特徴とする請求項1から5のいずれか一つに記載のボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項11】 前記軌道面に設けるセラミックス膜の表面をディンプル形状にしたことを特徴とする請求項1

から5のいずれか一つに記載のボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素。

【請求項12】 底付の筒状導入軸の開放側をボールネジのナットに結合すると共に当該導入軸内にボールネジのネジ軸が位置し、前記ネジ軸の一端を外筒の一端部から気密に貫通させて回動自在に支持し、他方、外筒の他端部で前記導入軸を軸方向に摺動可能かつ気密に受けた真空用直進導入機構において、

前記ボールネジに、請求項1～5、9～11のうちいずれか一つの転がり摩擦を利用した機械要素に含まれるボールネジを用いたことを特徴とする真空用直進導入機構。

【請求項13】 さらに、前記外筒内に、蒸着またはスパッタリングによってネジ軸に対して固体潤滑剤を成膜する成膜機構を設けたことを特徴とする請求項12に記載の真空用直進導入機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、軌道面の間に転動体を配置してこれらを固体潤滑させる機械要素であり、その寿命を延ばすことができる転がり摩擦を利用した機械要素およびこの転動体、並びに真空用直進導入機構に関する。

【0002】

【従来の技術】ボールネジ、リニアガイドやベアリングなどの寿命には、軌道面や転動面での摩擦と摩耗が大きく作用している。このため、通常は、摩擦を低減するために摩擦抵抗の小さい潤滑剤を用い、摩擦面の間に薄い潤滑膜を形成して摩擦面どうしの直接接触を少なくするようにしている。しかしながら、このような流体潤滑は、蒸発による汚れが問題となる宇宙空間、真空チャンバーなどの真空系や、流動性がなくなる超低温や熱劣化や酸化劣化が問題になる高温条件で用いるには適していない。このため、固体潤滑剤の乾燥被膜を摩擦面に形成させて摩擦や摩耗を低減させることが行われている。このような固体潤滑剤には、-270度の極低温から+数百度の高温の範囲でも使用できるものや、超真空中や放射線下でも用いることができるものが存在する。

【0003】また、固体潤滑剤として一般的に用いられるものとしては、黒鉛(C)、二硫化モリブデン(MoS₂)、二硫化タングステン(WS₂)、窒化ボロン(BN)などの層状構造体や、四ふっ化エチレン(PTFE)、ナイロン、ポリイミド、ポリエチレンなどのプラスチックや、金(Au)、銀(Ag)、鉛(Pb)、錫(Sn)、インジウム(In)、亜鉛(Zn)などの軟質金属や、その他、酸化鉛(PbO)、ふっ化カルシウム(CaF₂)などを挙げることができる。

【0004】また、固体潤滑は、固体潤滑剤の内部滑りが重要な役割を担っており、例えば広く使用されている

二硫化モリブデンやグラファイトは、層状の結晶構造をしているが、この層間に働いているファン・デル・ワールス力が金属結合力に比べて小さいため、摩擦により層間に滑りが発生する。固体潤滑は、このような機構によって摩擦面の摩擦や摩耗を低減するように作用するものであり、実際、二硫化モリブデンの摩擦係数は0.1程度と非常に小さい値を示している。

【0005】このような固体潤滑を上記ボールネジなどに適用するものとしては、従来から多くの提案なされており、例えば特開平6-17898号公報、特開昭63-1852号公報、特開平4-236845号公報、特開昭63-99062号公報、特開平10-141466号公報などにおいて各種の固体潤滑方法が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記固体潤滑剤はいずれも流体潤滑剤の流動性がなく、脱落した場合にはすぐに修復できないので、ボールネジなどに使用した場合にはその寿命が短くなってしまうという問題点があった。例えば、特開平3-149448号公報に開示されているボールネジように、ボール表面に固体潤滑剤をコーティングした場合であっても、フレーキングや摩耗などによって固体潤滑剤のコーティング膜が剥がれて下地の金属が露出してしまいうため、ボールに焼き付きが発生し、短時間で寿命に達することになる。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、請求項1にかかる転がり摩擦を利用した機械要素は、金属製の転動体を対向する軌道面の間に配置すると共に当該転動体と軌道面の間に固体潤滑剤を介在させ、前記転動体が転動することで軌道面が相対運動しうるボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素において、前記転動体または軌道面の表面に、固体潤滑剤の下地としてセラミックス膜または硬質カーボン膜を設けたものである。

【0008】固体潤滑では、固体潤滑剤を押し付けて転移する手法や固体潤滑膜を蒸着する手法などによって転動体（ボールおよびころ）や軌道面の表面に固体潤滑剤をコーティングするが、この固体潤滑剤の剥離によって金属面が露出すると、金属に焼き付きが生じて短時間で寿命に達する。そこで、固体潤滑膜の下地に耐熱性、耐摩耗性の高いセラミックス膜または硬質カーボン膜を設けるようにした。これにより、金属面の焼き付きが防止され、また、このセラミックスなどの硬い下地が表面の固体潤滑膜の変形を抑制し、固体潤滑膜を剥離しにくくする。この結果、ボールネジなどの寿命を長くすることができる。

【0009】なお、前記転がり摩擦を利用した機械要素は、上記したように、ボールネジ、リニアガイドおよびベアリングの総称を意味するものとする。また、ボール

ネジを例に挙げれば、セラミックス膜または硬質カーボン膜は、ナット、軸および転動体の少なくともいずれか一つに設ければよいことになる。

【0010】また、請求項2にかかる転がり摩擦を利用した機械要素は、上記転がり摩擦を利用した機械要素において、さらに、前記セラミックスにTiNまたはCrNを用いたものである。下地に用いるセラミックスは非常に硬いものであるが、この中でもTiNおよびCrNは高い靱性を有する。このため、転がり摩擦によってもセラミックス膜が割れにくくなるから、ボールネジなどの寿命をさらに長くすることができる。

【0011】また、請求項3に係る転がり摩擦を利用した機械要素は、上記転がり摩擦を利用した機械要素において、さらに、対向する軌道面の間に形成される空間であって軌道面と転動体が接触する部分以外に固体潤滑剤を配置し、この固体潤滑剤を転動体に押し付けることで当該転動体の表面に固体潤滑剤の転移膜を形成するようにしたものである。

【0012】軌道面のうち、転動体が接触していない部分に固体潤滑剤を配置することで、従来（例えば特開昭63-99062号公報）のように外部に固体潤滑剤を封入した構造体を設ける必要がなくなる。このため、ボールネジなどをコンパクトにすることができる。ボールネジを例に挙げれば、固体潤滑をナットおよび軸の谷底に配置することで固体潤滑剤の供給が可能になる。また、ベアリングの場合には、例えば保持器に配置することができる。

【0013】また、ボールネジおよびリニアガイドでは、リターンチューブ内に固体潤滑剤を配置したものがあがあるが、これでは固体潤滑剤を転動体に押し付けることが困難である。これに対し、軌道面から構成する空間に設けるようにすれば、予圧や押付構造などによって固体潤滑剤を転動体に押し付けることが可能になる。このため、ボールネジなどをコンパクトにできると共に寿命を延ばすことができる。

【0014】また、請求項4にかかる転がり摩擦を利用した機械要素は、上記転がり摩擦を利用した機械要素において、さらに、前記固体潤滑剤を転動体に対して押し付ける固体潤滑剤押付手段を設けたものである。

【0015】固体潤滑剤は転動体などに供給することにより消耗し、当該固体潤滑剤の押付圧が低下するため、固体潤滑剤を転動体に対して押し付けるようにした。押付手段は、当業者が押し付け機能を有するものとして通常設計できる構造のものをを用いることができる。例えば、転動面の外側から螺子によって押し込むようにしてもよいし、バネによって押圧するようにしてもよい。かかる構成にすることにより、固体潤滑剤を安定的に供給することができる。

【0016】また、請求項5にかかる転がり摩擦を利用した機械要素は、上記転がり摩擦を利用した機械要素に

において、さらに、前記セラミックスにTiNまたはCrNを用いたものである。固体潤滑膜の寿命を向上させるには、転動体の基材とセラミックスとの密着性が重要である。TiNまたはCrNは、被膜が剥がれる臨界荷重が大きいので、当該TiNまたはCrNを用いることによりボールネジなどの寿命を延ばすことが可能になる。

【0017】また、請求項6にかかる転がり摩擦を利用した機械要素の転動体は、ボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素を構成すると共に、表面に固体潤滑剤をコーティングした転動体において、この転動体の表面に、固体潤滑剤の下地としてセラミックス膜または硬質カーボン膜を設けたものである。

【0018】上記したように、転動体にコーティングする固体潤滑剤の下地としてセラミックス膜などを設けることで、固体潤滑膜の変形を小さくすると共に当該固体潤滑膜が剥離したときの金属の焼き付きを抑制することができる。このため、ボールネジなどの寿命を延ばすことができるようになる。

【0019】また、請求項7にかかる転がり摩擦を利用した機械要素の転動体は、ボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素を構成すると共に、表面に固体潤滑膜を付着し得る多孔質セラミックスの球またはころによって構成したものである。多孔質セラミックスを用いることにより、固体潤滑剤を保持しやすくなる。このため、固体潤滑膜が剥がれにくくなり、転動体の寿命を延ばすことができるようになる。

【0020】また、請求項8にかかる転がり摩擦を利用した機械要素の転動体は、ボールネジ、リニアガイド、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素を構成すると共に、表面に固体潤滑膜を付着し得るディンプル形状を有する球またはころによって構成したものである。

【0021】転動体の表面をディンプル形状にすることで、固体潤滑剤を保持しやすくなる。このため、固体潤滑膜が剥がれにくくなり、転動体の寿命を延ばすことができるようになる。なお、この転動体は、セラミックス製であってもよいし、金属製であってもよい。金属製の場合には、上記同様、固体潤滑膜の下地としてセラミックス膜または硬質カーボン膜を形成するのが好ましい。

【0022】また、請求項9にかかる転がり摩擦を利用した機械要素は、上記転動体を用いたものであるから、固体潤滑剤の保持力が向上し、機械要素の寿命が延びることになる。また、請求項10にかかる転がり摩擦を利用した機械要素は、前記軌道面に設けるセラミックス膜を多孔質にしたものであり、請求項11にかかる転がり摩擦を利用した機械要素は、軌道面に設けるセラミックス膜の表面をディンプル形状にしたものであるから、前記同様に、固体潤滑剤の保持力を増して寿命を延ばすこ

とができる。

【0023】また、請求項12にかかる真空用直進導入機構は、底付の筒状導入軸の開放側をボールネジのナットに結合すると共に当該導入軸内にボールネジのネジ軸が位置し、前記ネジ軸の一端を外筒の一端部から気密に貫通させて回転自在に支持し、他方、外筒の他端部で前記導入軸を軸方向に摺動可能かつ気密に受けた真空用直進導入機構において、前記ボールネジに、請求項1～5、9～11のうちいずれか一つの転がり摩擦を利用した機械要素に含まれるボールネジを用いたものである。

【0024】この真空用直進導入機構は、ボールネジを外筒内に気密に封入し、当該ボールネジのネジ軸に設けた導入軸を外筒に対して摺動させるようにしている。このボールネジに上記セラミックスをコーティングしたものを使用することで、ボールネジ自体の寿命が長くなるから、その分、真空用直進導入機構の寿命が延びることになる。また、ボールネジを交換して使用する場合には、その交換を頻繁に行わずに済むので、メンテナンスが容易である。

【0025】また、請求項13にかかる真空用直進導入機構は、上記真空用直進導入機構において、さらに、前記外筒内に、蒸着またはスパッタリングによってネジ軸に対して固体潤滑剤を成膜する成膜機構を設けたものである。

【0026】蒸着またはスパッタリングによりネジ軸に成膜すると、セラミックス・コーティングとの相乗効果により固体潤滑を効果的に行うことができるから、それだけ、真空用直進導入機構の寿命を延ばすことができる。また、固体潤滑剤の補充を簡単に行うことができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0028】（実施の形態1）図1は、この発明の実施の形態1にかかるボールネジを示す構成図である。図2は、このボールネジの構成部品に対するコーティング状態を示す概念図である。このボールネジ100は、ネジ溝1a、1bのついたネジ軸2とナット3との間に多数のボール4を介在させた構造である。また、ナット3の端部間はリターンチューブ5で連結されており、ネジ軸2の回転によりリターンチューブ5内を通してボール4が循環する。

【0029】使用するボール4は、高炭素クロム軸受鋼、Ni-Cr-Mo鋼やCr-Mo鋼のはだ焼き鋼、ステンレス鋼などの金属製である。また、ボール4の表面には、図2の(a)に示すように、セラミックス膜41がコーティングしてある。このセラミックス膜41には、例えばTiN、CrN、Si₃N₄、TiC、SiCなどを用いることができる。また、セラミックス膜41

のコーティング手法としては、寸法安定性に優れた物理蒸着法(PVD)を用いる。特に、前記セラミックス膜41には、TiNやCrNを用いるのが好ましい。これらは、韌性が高く割れにくいからである。

【0030】また、ボール4のみならず、ネジ軸2(同図(b))やナット3(同図(c))の軌道面1a、1bにセラミックス膜41をコーティングするようにしてもよい。なお、セラミックス膜41は、ボール4、ネジ軸2およびナット3の少なくともいずれか一つに設ければ、ボールネジ100の寿命を延ばすことが可能である。

【0031】さらに、このセラミックス膜41の表面に固体潤滑膜42を形成する。図3は、固体潤滑剤の配置状態を示す説明図である。ボール4とネジ溝1との軌道面は、当該ネジ溝の谷斜面1cとなり、谷底1dはボール4と接触せず空間を形成できるから、この谷底1dに固体潤滑剤6を設けるようにする。固体潤滑剤6には、上記したようにMoS₂、PTFE、Ag、Pbなどを用いる。また、この固体潤滑剤6は、スプレーや刷毛塗りなどによってコーティングする。また、薄板状に成形した固体潤滑剤6を接着するようにしてもよい。

【0032】固体潤滑剤6は、ネジ溝1をボール4が循環することによりボール4に転移する。この転移膜(固体潤滑剤膜42)は、ボール4に設けた高硬度のセラミックス膜41の表面に形成されるから、ネジ溝1の軌道面との接触による固体潤滑膜42の変形が抑制される。また、セラミックス膜41を設けることにより、固体潤滑膜42が剥離した場合でも金属基材が直接露出しない。このセラミックス膜41は基材との密着性が重要であり、好ましいセラミックスとしてはTiN、CrNを挙げることができる。これにより、ボール4などの摩擦・摩耗を低減してボールネジ100の寿命を延ばすことが可能になる。

【0033】また、前記固体潤滑剤6を、押付手段によってボールに押し付けるような構成にしてもよい。図4は、そのような固体潤滑剤の押付構造を持つボールネジのネジ溝付近を示す説明図である。図5は、押付構造の組立図である。ネジ溝1の谷底1dを深めに加工し、この深溝1eに湾曲した板バネ7を複数設置する。そして、分割した固体潤滑板6を板バネ7上から深溝1eに挿入し、板バネ7の腹と固体潤滑板6とを接着する。また、ボール4を充填した状態で板バネ7が弾性変形し、ボール4に予圧がかかるようにする。このようにしてボールネジ100を組み立てれば、固体潤滑板6が消耗しても当該固体潤滑板6をボール4に押し付けることができるから、固体潤滑膜42を連続的に転移することができる。

【0034】また、ネジによって固体潤滑板をボールに押し付けるようにしてもよい。図6は、そのようなネジ式の押付構造を示す断面図である。固体潤滑板6を分割

して谷底1dに配置し、ナット3の外側から複数のネジ穴8を穿設し、当該ネジ穴8に調整用ネジ9を入れる。この調整用ネジ9は、固体潤滑板6に予圧を加えた状態で固定しておくが、固体潤滑板6が消耗したときには調整用ネジ9を送り、さらに固体潤滑板6をボール4に押し付けるようにする。このようにすれば、ボール4に対して固体潤滑剤6を連続的に転移することができる。

【0035】さらに、上記セラミックスに代えて硬質カーボンを用いることもできる。硬質カーボンは、それ自体に固体潤滑性があるため固体潤滑膜42を形成せずとも使用できるが、さらにその表面あるいは摺動相手面に固体潤滑膜42を形成しておくほうが摩擦係数の減少などの観点から好ましい。

【0036】また、上記実施の形態1ではボールネジ100を挙げて説明したが、リニアガイドであっても上記同様の構成を採用することができる。図7は、そのようなリニアガイドを示す断面図である。このリニアガイド110は、レール21と軌道台22との案内溝23の間に複数のボール24を配置して当該ボール24を循環させながら直動するものである。この金属製のボール24表面に、図2の(a)に示したようなセラミックス膜41をコーティングする。また、ボール24と案内溝23が接触する部分以外に溝25を設け、この溝25内に固体潤滑剤26を配置する。固体潤滑剤26は、上記同様にスプレーや刷毛塗りで設けるようにしてもよいし、固体潤滑板を接着するようにしてもよい。また、固体潤滑板を用いる場合には、図4～図6で示したような押付構造を適用することもできる。

【0037】(実施の形態2)図8は、この発明の実施の形態2にかかるベアリングを示す構成図である。このベアリング200は、軌道溝31を有する外輪32と内輪33の間に複数のボール34(または、ころ)を配置し、このボール34を保持器35により保持した構成である。当該ボール34の材料および製造方法は上記実施の形態1の場合と同じであるからその説明を省略する。また、このベアリング200の軌道溝31の表面、またはボール34の表面には上記実施の形態1と同様のセラミックス膜のコーティングが施されている(図示省略)。また、セラミックス膜に代えて、硬質カーボン膜を設けるようにしてもよい。

【0038】図9は、ベアリング200のボール34およびその保持器35を示す外観図である。固体潤滑剤36は保持器35の内側面に設けられており、この固体潤滑剤36とボール34が接触することによりボール34側に転移膜(固体潤滑膜)が形成される。また、保持器35は、ボール34を両側から保持する構造であって、その保持板35の間にピン37を貫通させ、これにバネ38を通した構成である。このバネ38の弾性力によってボール34の両側から保持板35が押し付けられるから、固体潤滑剤を連続的に転移することができる。以上

の構成によれば、ベアリング200の寿命を延ばすことができる。

【0039】(実施の形態3)図10は、この発明の実施の形態3にかかるボールを示す断面図である。このボール50は、多孔質セラミックス製であり、その表面に固体潤滑膜51を形成するようにしたものである。ボール50を多孔質セラミックス製にすることでボール表面に微細孔が現れる。固体潤滑膜51を転移したとき、この微細孔が固体潤滑膜51を強固に保持して剥がれにくいように作用する。また、セラミックス製のボール50を用いることで、ボール50に働く遠心力やジャイロモーメントの軽減や、温度上昇の抑制などの効果が得られる。

【0040】セラミックス・ボール50の製造は、まず、原料粉末を混合して球状に成形し、焼結によって焼き固める。そして、研磨などの加工により表面を仕上げる。セラミックス・ボール50の多孔質組織は、原料粉末の粒径を大きくすることや焼成温度あるいは圧力を下げることにより実現できる。セラミックスには、炭化ケイ素、窒化ケイ素、アルミナ、ジルコニアなどのエンジニアリング・セラミックスを使用することができる。また、好ましい粒径は $1\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ 、焼成温度は 900°C ~ 1500°C 、圧力は 1MPa ~ 147MPa である。このようなボール50を用いることにより、ボールネジ、リニアガイド、ベアリングなどの寿命を延ばすことができる。

【0041】また、ボールネジの軌道面にコーティングするセラミックスを多孔質組織にすることもできる。このようにすれば、さらに固体潤滑剤の保持力が向上するから、ボールネジの寿命を更に延ばすことができる(図示省略)。

【0042】また、ボールの表面をディンプル形状にすることもできる。図11に、そのようなボールの断面図を示す。ボール60の表面をディンプル形状にすることで固体潤滑膜61の保持力を向上させることができる。ボール60は、セラミックス製であっても金属製であってもよい。セラミックス製の場合は、通常のセラミックス・ボールか或いは上記多孔質セラミックスボールを用いることができる。また、金属製ボールを用いるときは、実施の形態1に示したようなセラミックス或いは硬質カーボンのコーティングを施すようにする。

【0043】ディンプル形状のセラミックス・ボール60は、複数の凸部を有する型により原料粉末をプレス加工して成形し、これを焼結後、仕上加工することにより形成する。また、金属製のボールは、溶解した材料を内部に複数の凸部を有する鋳型で鋳込むことで製造できる。また、金属製ボールをプレス加工してその表面に複数のディンプルを形成することもできる。金属製ボールの表面には、PVDによってセラミックス・コーティングを施すことにより、ディンプル形状を残すことができ

る。このようなボール60を用いることにより、ボールネジ、リニアガイド、ベアリングなどの寿命を延ばすことができる。

【0044】また、ボールネジの軌道面にコーティングするセラミックス或いは硬質カーボンの表面をディンプル形状にすることもできる(図示省略)。このようにすれば、さらに固体潤滑剤の保持力が向上するから、ボールネジの寿命を更に延ばすことができる。

【0045】(実施の形態4)図12は、この発明の実施の形態4にかかる真空用直進導入機構を示す断面図である。この真空用直進導入機構300は、外筒301内にネジ軸302を配置すると共に外筒301の一端部にモータ303を設けた構成であり、このモータ303と外筒301の間には磁性流体シール304が施されている。また、外筒301の他端部には、導入軸305を受けるラジアル軸受306が設けられている。導入軸305は、底付構造で開放側がナット307のフランジに連結されている。また、ラジアル軸受306の内側には、Oリング又はUパッキンなどのシール308が施されている。外筒301内をシールして外部と遮断することで、腐食性ガスの侵入を防止できるから、当該真空用直進導入機構300の寿命を保つことが可能になる。また、ボールネジで発生する塵埃が真空容器内などに放出されるのを防止できる。前記ネジ軸302はナット307に螺合しており、このネジ軸302とナット307のネジ溝309の間には、複数のボール310が充填されている。

【0046】また、図示しないが、導入軸305には回転止め用の突条が設けられている。外筒301にはガス導入口311が設けられており、このガス導入口311からアルゴン、ヘリウム、窒素などの不活性ガスを導入する。導入軸305の表面には、耐食性のコーティングが施されている。耐食性コーティングとしては、Niメッキ、Crメッキ、TiN膜、CrN膜などを用いることができる。これにより、腐食性ガスを使用する真空容器にも使用可能となる。また、ラジアル軸受306の外周に円環状のスプリングを設けるようにしてもよい(図示省略)。このようにすれば、ラジアル軸受306が磨耗しても導入軸305との接触を保ってシール性を維持できる。外筒301の他端部には外向フランジ312が設けられており、当該外向フランジ312により例えばプラズマCVD装置やスパッタリング装置などの真空容器に取り付ける。

【0047】つぎに、ボールネジ(302、307)は、上記実施の形態1に記載のものをを用いる。すなわち、軌道溝1やボール4表面にセラミックス膜41或いは硬質カーボン膜がコーティングしてあり、軌道溝1の谷底1dに固体潤滑剤6を配置したボールネジ100を用いるようにする。また、前記ボール310には、上記実施の形態3に記載した多孔質セラミックス・ボール5

0やディンプル形状のボール60を用いることができる。このようにすれば、ボールネジ(302、307)の寿命が向上するから、真空用直進導入機構300の寿命が延びるし、ボールネジ(302、307)を交換して用いる場合には、その交換頻度が少なくなるのでメンテナンスが容易である。

【0048】また、上記真空用直進導入機構300では、軌道溝309の谷底に固体潤滑剤を設けて転移膜を形成するようにしているが、タングステンのヒーターにAg線を巻き付けたものを外筒内下方に配置し、ネジ軸の表面に固体潤滑剤(Ag)を蒸着させるようにしてもよい(図示省略)。さらに、固体潤滑剤をターゲットとしたスパッタリング機構を配置して、ネジ軸表面に固体潤滑膜を形成するようにしてもよい(図示省略)。このように、外筒301内に成膜機構を設けることにより、*

*固体潤滑剤の補充を簡単に行うことができるようになる。

【0049】[スクラッチ試験] つぎに、固体潤滑膜の寿命を向上させるために施工する上記セラミックスおよび硬質カーボンのコーティングには、潤滑性よりも基材との高い密着性が第一に要求される。そこで、寸法安定性に優れたPVDにより以下のセラミックスを成膜し、ダイヤモンドスタイラスで荷重を次第に増加させながらスクラッチし、固体潤滑膜が剥がれる荷重を臨界荷重として評価した。また、硬質カーボンについても同様の条件でスクラッチ試験を行った。その結果を以下の表1に示す。

【0050】

【表1】

コーティング	TiN	CrN	Si ₃ N ₄	TiC	SiC	硬質カーボン
硬さ (HV)	2000	1800	3200	3200	3500	1000
臨界荷重 (N)	60	60	15	15	6	40

【0051】この結果、TiN、CrNが適当な硬度をもって大きな臨界荷重(60N)を得ることができた。また、硬質カーボンについてもその臨界荷重が40Nとなって比較的良好な結果を得た。これにより、TiN、CrNおよび硬質カーボンをコーティングすることにより、固体潤滑膜の寿命を延ばすのに適していることが判った。

【0052】[ボールネジ寿命試験] つぎに、ボールネジのネジ軸とボールにコーティングを施して、ボールネジの寿命を測定した。軸径はいずれも12mmでリードを4とし、表面仕上げはRy0.2μmとした。試験条件として、軸荷重を500N、回転速度を300rpm※

※に設定し、寿命に達するまでのナット往復回数(1往復で20回転)を測定した。その結果を以下の表2に示す。なお、比較例として、セラミックスまたは硬質カーボンのコーティングを施さず、固体潤滑剤の材料(Agメッキ、PTFE、MoS₂)と膜厚(0.5μm、3.0μm)を変えたものを用意した。実施例1には、ネジ軸に2μmのTiN膜をコーティングしたもの、実施例2には、ボールに1μmの固体潤滑剤と兼用した硬質カーボンをコーティングしたものを用意した。

【0053】

【表2】

ボールねじ No.	比較例1	比較例2	比較例3	実施例1	実施例2
ネジ軸 コーティング 膜厚	SUS630 Agめっき 0.5μm	SUS630 PTFE 3μm	SUS630 MoS ₂ 0.5μm	SUS630 MoS ₂ /TiN 0.5/2μm	SUS630 PTFE 3μm
ナット コーティング 膜厚	SUS630 Agめっき 0.5μm	SUS630 PTFE 3μm	SUS630 MoS ₂ 3μm	SUS630 MoS ₂ 3μm	SUS630 PTFE 3μm
チューブ コーティング 膜厚	SUS304 Agめっき 0.5μm	SUS304 PTFE 3μm	SUS304 MoS ₂ 3μm	SUS304 MoS ₂ 3μm	SUS304 PTFE 3μm
ボール コーティング 膜厚	SUS440C Agめっき 0.5μm	SUS440C PTFE 0.5μm	SUS440C MoS ₂ 0.5μm	SUS440C MoS ₂ 0.5μm	SUS440C 硬質カーボン 1μm
寿命	30000回	30000回	60000回	320000回	280000回

【0054】この結果、セラミックスコーティングを施★50★した実施例1については、比較例1および2の10倍以上

上、比較例3の5倍以上という極めて長い寿命を得ることができた。また、実施例2については、硬質カーボンをコーティングしたものについても、実施例1と略同じ程度の延命効果があることが判った。一方、比較例1および2については寿命に達する時間が3時間程度と非常に短命に終わった。なお、この試験は、ナットおよびリターンチューブについて行っていないが、少なくともナットに用いることにより同様の効果が得られるものと思われる。また、この試験はボールネジについて行ったものであるが、リニアガイドについても同様の結果を期待することができる。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項1）では、ベアリングその他の転がり摩擦を利用した機械要素において、転動体または軌道面の表面にコーティングする固体潤滑剤の下地として、セラミックス膜を設けたので、ボールネジなどの寿命を長くすることができる。

【0056】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項2）では、セラミックスにTiNまたはCrNを用いるから、ボールネジなどの寿命を更に延ばすことができる。

【0057】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項3）では、対向する軌道面の間に形成される空間であって軌道面と転動体が接触する部分以外に固体潤滑剤を配置し、この固体潤滑剤を転動体に押し付けることで当該転動体の表面に固体潤滑剤の転移膜を形成するようにしたので、ボールネジなどをコンパクトにできると共に寿命を延ばすことができる。

【0058】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項4）では、固体潤滑剤を転動体に対して押し付ける固体潤滑剤押付手段を設けたので、固体潤滑剤を安定供給できる。このため、ボールネジなどの寿命を延ばすことができる。

【0059】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項5）では、セラミックスにTiNまたはCrNを用いたので、ボールネジなどの寿命を延ばすことができる。

【0060】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素の転動体（請求項6）では、転動体の表面に、固体潤滑剤の下地としてセラミックス膜または硬質カーボン膜を設けたので、ボールネジなどの寿命を延ばすことができる。

【0061】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素の転動体（請求項7）では、転動体を、表面に固体潤滑膜を付着し得る多孔質セラミックスの球またはころによって構成したので、転動体の寿命を延ばすことができるようになる。

【0062】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素の転動体（請求項8）では、転動体の表面をディ

ンプル形状にすることで、転動体の寿命を延ばすことができるようになる。

【0063】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項9）では、上記転動体を用いたので、機械要素の寿命を長くすることができる。

【0064】また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項10）では、軌道面に設けるセラミックス膜を多孔質にした。また、この発明の転がり摩擦を利用した機械要素（請求項11）では、軌道面に設けるセラミックス膜の表面をディンプル形状にした。このため、固体潤滑剤の保持力が増して機械要素の寿命が長くなる。

【0065】また、この発明の真空用直進導入機構（請求項12）では、底付の筒状導入軸の開放側をボールネジのナットに結合すると共に当該導入軸内にボールネジのネジ軸が位置し、前記ネジ軸の一端を外筒の一端部から気密に貫通させて回転自在に支持し、他方、外筒の他端部で前記導入軸を軸方向に摺動可能かつ気密に受け、前記ボールネジに上記セラミックスコーティングを施したボールネジを用いたので、真空用直進導入機構の寿命が延びると共にメンテナンスが楽になる。

【0066】また、この発明の真空用直進導入機構（請求項13）では、外筒内に、蒸着またはスパッタリングによってネジ軸に対して固体潤滑剤を成膜する成膜機構を設けたので、真空用直進導入機構の寿命を延ばすことができると共に固体潤滑剤の補充を簡単に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態1にかかるボールネジを示す構成図である。

【図2】図1に示したボールネジの構成部品に対するコーティング状態を示す概念図である。

【図3】固体潤滑剤の配置状態を示す説明図である。

【図4】固体潤滑剤の押付構造を持つボールネジのネジ溝付近を示す説明図である。

【図5】図4に示した押付構造の組立図である。

【図6】ネジ式の押付構造を示す断面図である。

【図7】この発明の実施の形態にかかるリニアガイドを示す断面図である。

【図8】この発明の実施の形態2にかかるベアリングを示す構成図である。

【図9】ベアリングのボールおよびその保持器を示す外観図である。

【図10】この発明の実施の形態3にかかるボールを示す断面図である。

【図11】この発明の実施の形態3にかかるボールを示す断面図である。

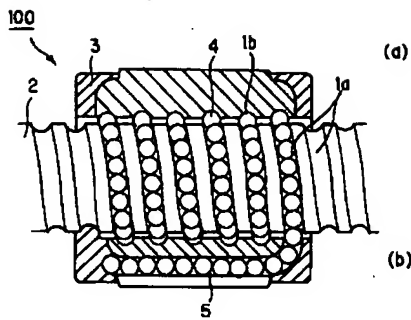
【図12】この発明の実施の形態4にかかる真空用直進導入機構を示す断面図である。

【符号の説明】

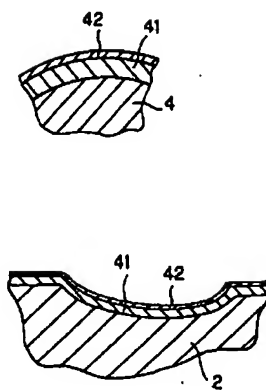
- 100 ボールネジ
 1 ネジ溝
 1a、1b 軌道面
 1e 深溝
 1c 谷斜面
 1d 谷底
 2 ネジ軸
 3 ナット
 4 ボール
 5 リターンチューブ
 6 固体潤滑剤
 7 板バネ

- 8 ネジ穴
 9 調整用ネジ
 41 セラミックス膜
 42 固体潤滑剤膜
 50 セラミックス・ボール
 51 固体潤滑膜
 60 セラミックス・ボール
 61 固体潤滑膜
 110 リニアガイド
 10 200 ベアリング
 300 真空用直進導入機構

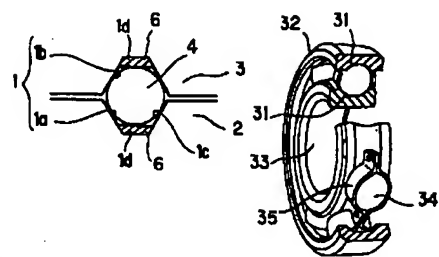
【図1】



【図2】

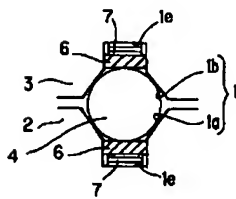


【図3】

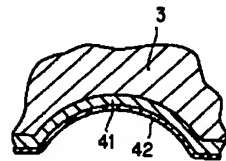


【図8】

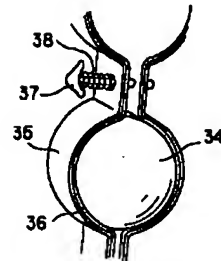
【図4】



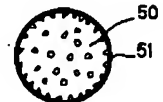
(c)



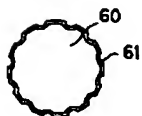
【図9】



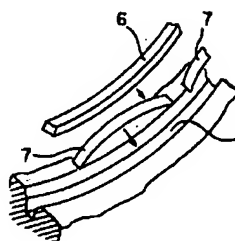
【図10】



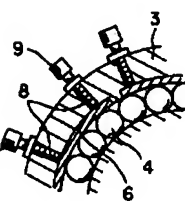
【図11】



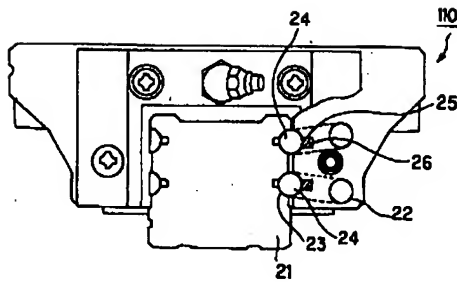
【図5】



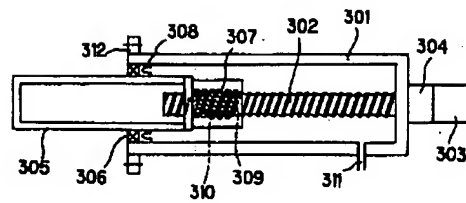
【図6】



【図7】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
F16H 25/24

識別記号

FI
F16H 25/24

テームコード(参考)

// F16H 57/04

57/04

J
M
Q

Fターム(参考) 3J063 AB70 BA11 BB01 BB14 BB16
CB41 CB60 CD02 CD04 XD01
XD72 XD73 XE11
3J101 AA02 AA12 AA44 AA52 AA64
BA10 BA70 DA05 EA03 EA06
EA41 EA53 FA31
3J104 AA02 BA03 BA05 CA01 CA11
CA22 DA05 EA10